

木曽川水系連絡導水路事業監理検討会（第7回）

資 料

平成21年8月7日

独立行政法人水資源機構

中 部 支 社

木曽川水系連絡導水路事業公開討論会 開催概要について

平成 21 年 8 月 2 日（日）14:00～16:50
名古屋市公館 1 階 レセプションホール

【参 加 者】

討 論 者	〔必要論〕 松尾直規中部大学教授、小尻利治京都大学教授 〔不要論〕 伊藤達也法政大学教授、富樫幸一岐阜大学教授
一般参加者	当日参加 90 名（公募・抽選による当選 100 名）
関 係 者	行政機関(14)、水源地域(2)、農業用水関係(9)、 堀川 1000 人調査隊(2)、経済団体(3) 計 30 名
公 職 者	15 名
討 論 司 会	名古屋市長
コーディネーター	井澤 知旦 氏（株都市研究所スペースア）

【討論概要】

事業概要説明	連絡導水路事業の概要説明（上下水道局）
専門家討論	専門家による意見 ・ 不要論（伊藤教授） ・ 必要論（松尾教授） ・ 名古屋市の水需要（富樫教授） ・ 将来の木曽川の流況（小尻教授） ・ 不要論代表（伊藤教授） ・ 必要論代表（松尾教授） ・ 追加意見（各専門家）
関係者意見	農業用水関係、堀川 1000 人調査隊、愛知県
一般参加者意見	7 名
市長総括	

木曽川水系連絡導水路事業公開討論会配付資料

木曽川水系連絡導水路事業公開討論会 ご参加にあたってのお願い

会場内では次の事項を遵守くださいますようお願いいたします。

○名古屋市公館の敷地内は全面禁煙となっております。

○会場内での飲食はご遠慮ください。

○次の行為につきましては運営に支障を生じますので、ご遠慮くださいますようお願いいたします。

- ・ 討論中の携帯電話のご使用
- ・ 写真撮影、ビデオ撮影、録音等、記録機器のご使用
- ・ 討論中に私語や談論等をする行為
- ・ 討論中に会場内をみだりに立ち歩いたり出入りする行為
- ・ 敷地内でのビラの配布、横断幕の掲示等をする行為

※以上の事項を遵守いただけない場合、退場していただく場合がありますのでご了承ください。

討論会の記録のため、音声・映像等の録音・撮影を行いますのでご了承ください。

木曽川水系連絡導水路事業 公開討論会

平成21年8月2日
名古屋市 上下水道局

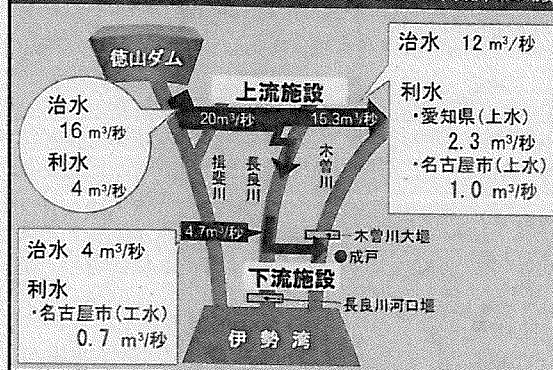
名古屋市水道の水源



01 木曽川水系 連絡導水路事業の概要

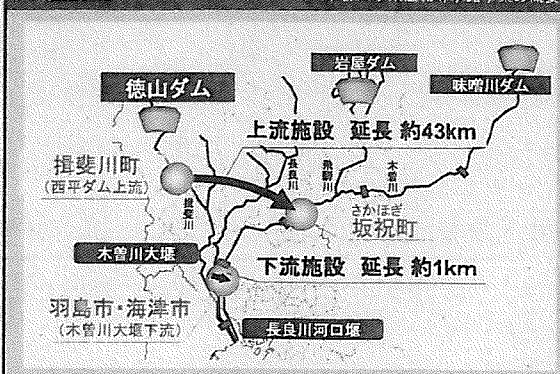
事業概要

01 木曽川水系連絡導水路事業の概要



位置図

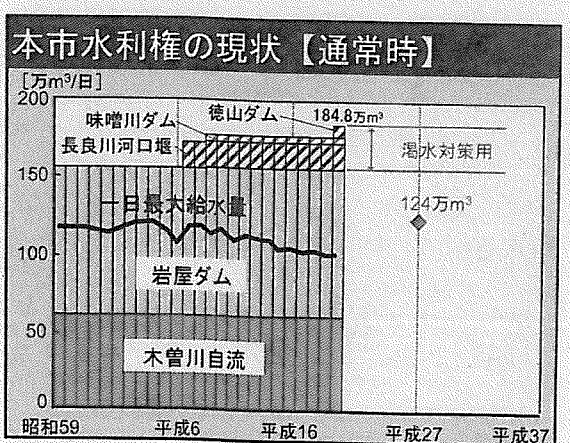
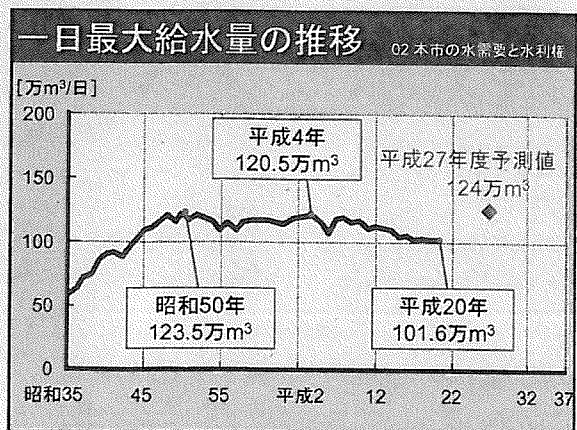
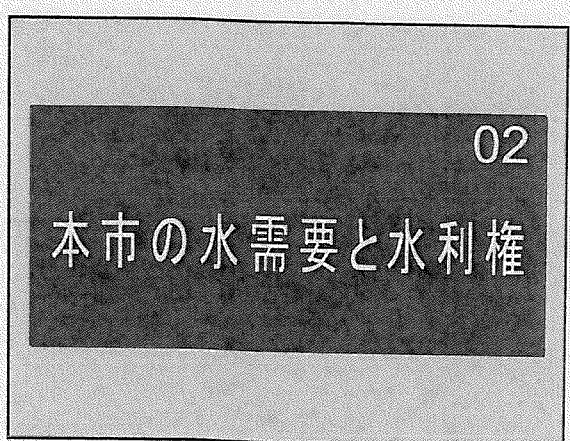
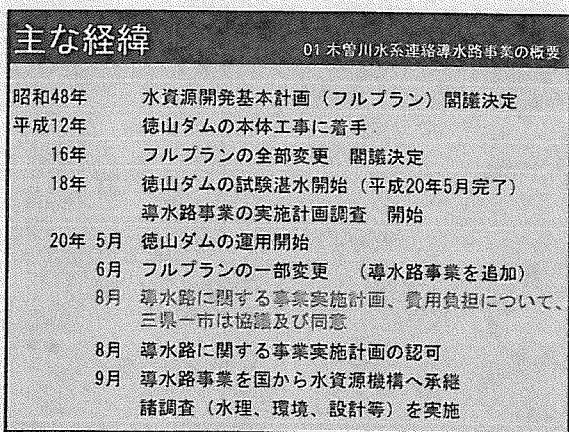
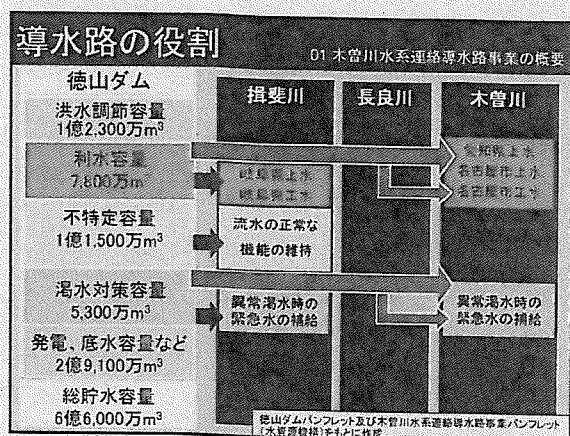
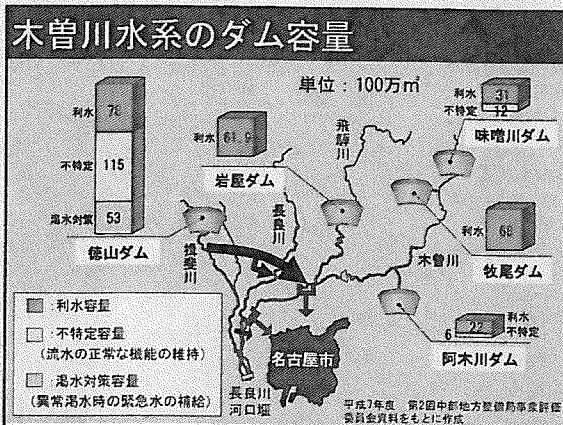
01 木曽川水系連絡導水路事業の概要

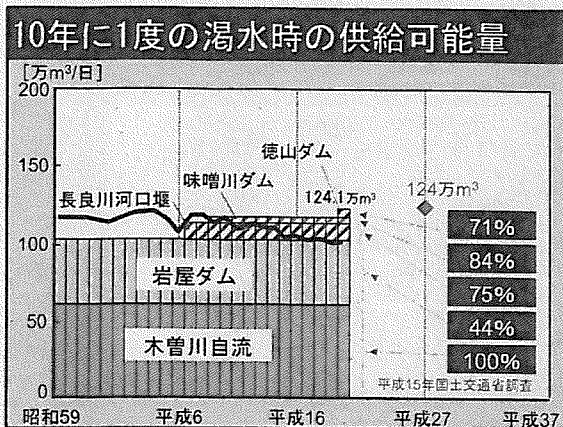


事業の諸元

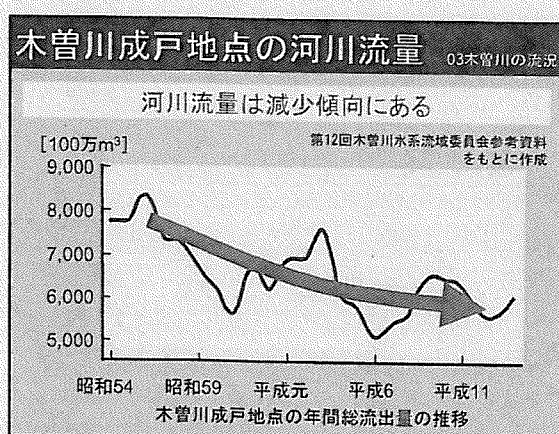
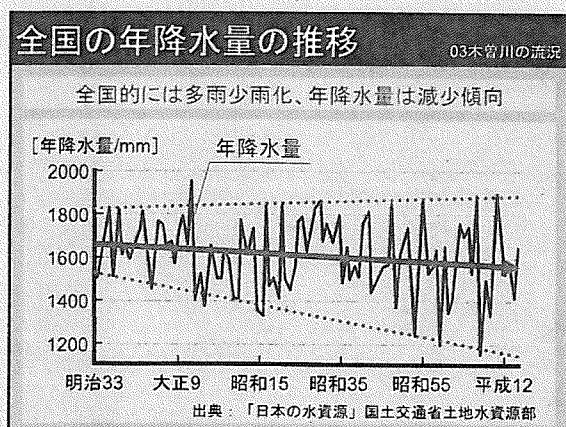
01 木曽川水系連絡導水路事業の概要

目的	治水	木曽川の治水対策 長良川の河川環境改善	16m³/秒を導水
	利水	愛知県・名古屋市へ都市用水	4.0 m³/秒を導水
ルート	(上流施設)	岐阜県揖斐川町～岐阜県坂祝町	
	(下流施設)	長良川～木曽川大堰直下へ放流予定	
導水量	(上流施設)	揖斐川→長良川	20.0 m³/秒
		長良川→木曽川	15.3 m³/秒
	(下流施設)	長良川→木曽川	4.7 m³/秒
工期	平成27年度まで		
事業費	890億円		
名古屋市負担額	121億円 (国からの補助金39億円を除くと82億円)		



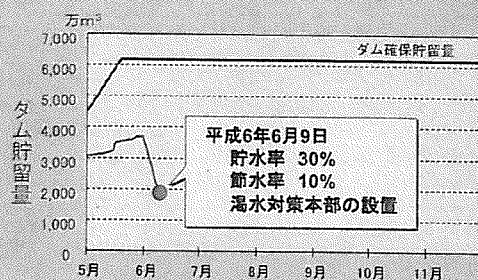


03 木曽川の流況



04 平成6年渇水の状況

岩屋ダム貯水状況と本市の対応



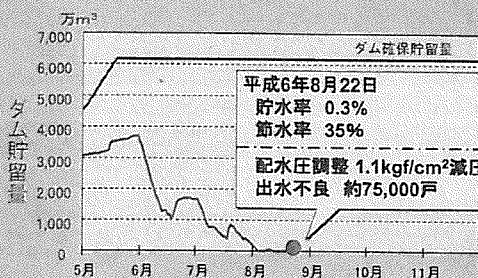
岩屋ダム貯水状況と本市の対応

平成6年8月5日 岩屋ダム枯渇

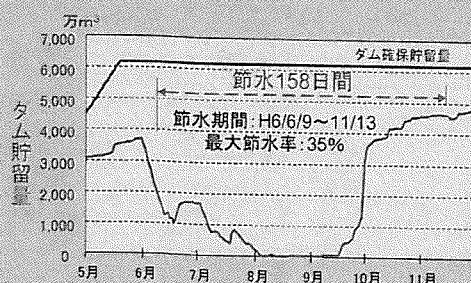


提供: 水資源機構

岩屋ダム貯水状況と本市の対応



岩屋ダム貯水状況と本市の対応



05 渇水の影響

お客さまへの影響

05 渇水の影響

① 中高層直圧給水

中高層直圧給水により給水を受けているマンション等で
減水・断水のおそれ

H6年 約1,800棟

H20年 約14,000棟

② お客さまの生活

減水・断水により、
食事・トイレ・風呂等に支障



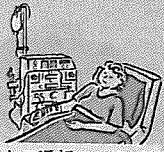
お客さまへの影響

05 渇水の影響

③ 医療活動への影響

救急病院、透析医療機関等では、減水・断水により

→ 医療活動に支障が生じるおそれ



人工透析のイメージ

④ 消火活動への影響

減水・断水により

→ 消火活動に支障が生じるおそれ



消火活動のイメージ

産業、経済への影響

05 渇水の影響

① 経済活動への影響

減水・断水により

- ・企業の業務停滞
- ・工場の生産調整・操業停止等

→ 都市機能が低下するおそれ

② 企業誘致への影響

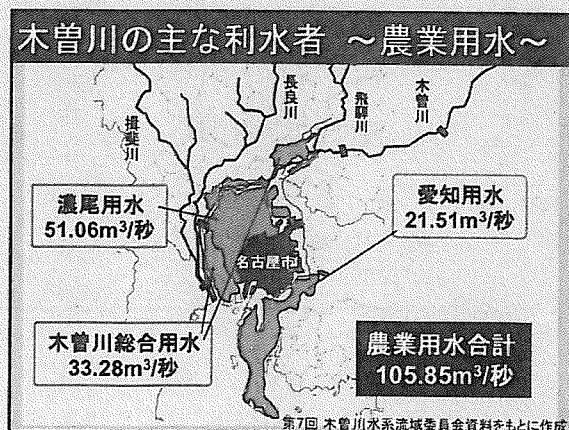
断水の頻発する都市では、

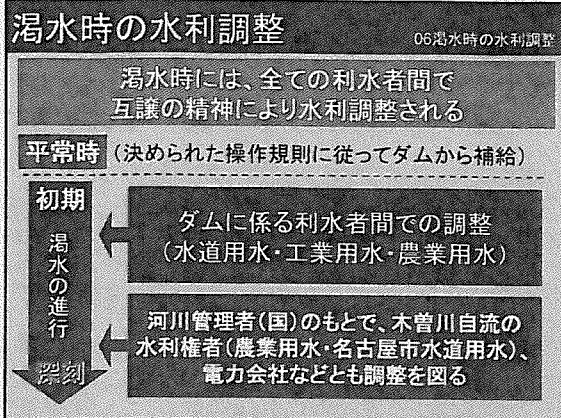
- ・水を多量に使用する企業が進出を控え
- ・他都市へ工場移転する可能性あり

→ 都市の魅力が低下するおそれ

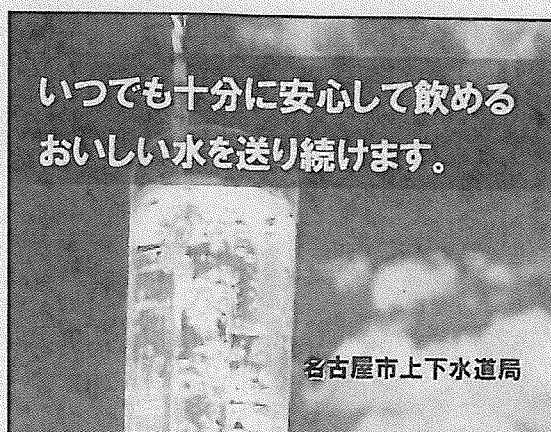
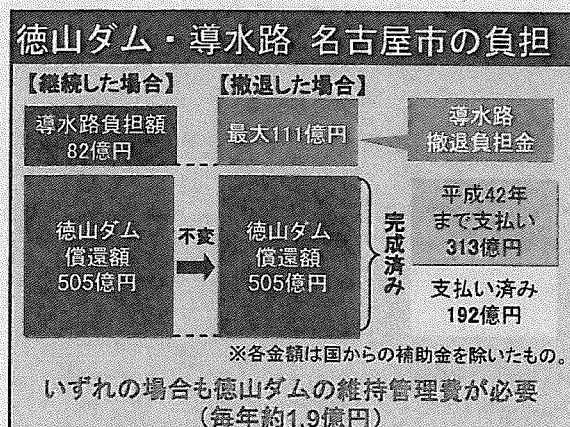
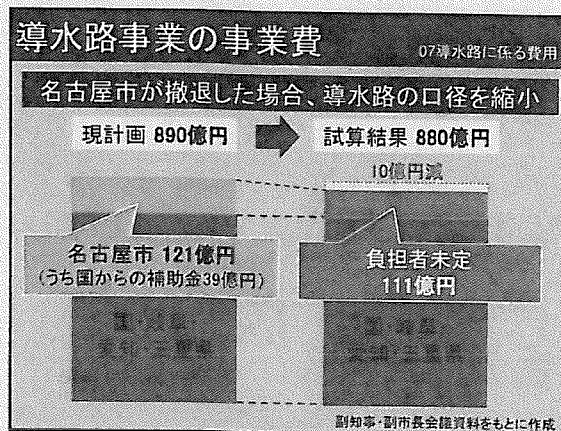
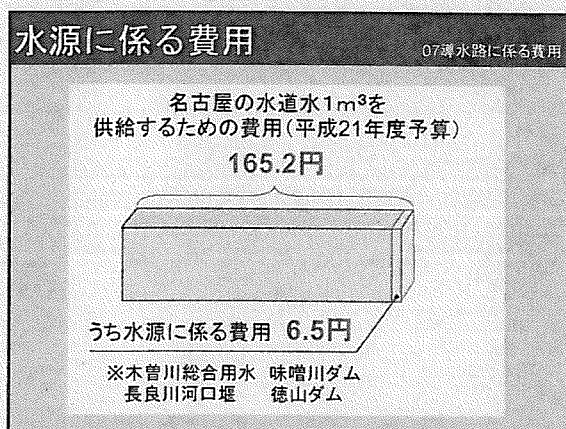


06 渇水時の水利調整





07 導水路に係る費用



富樫幸一教授の主張

平成21年8月2日

木曽川水系連絡導水路事業公開討論会

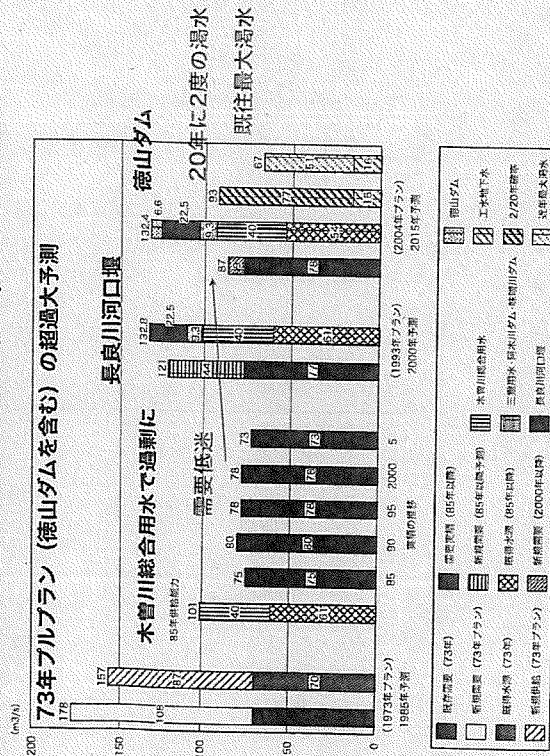
2009年8月2日
富樫幸一（岐阜大学地域科学部）

02 名古屋市の水需要と水利権

- 名古屋市の水需要予測は実績と整合しない過大な予測
- 給水用の専用施設の拡張は、1980年で見直された。
河口堰、徳山ダム、導水路は不必要な事業である。
- 工業用水需要は減少から横ばいで、増加予測は誤り。
市営工業用水道の既存の水源で対応できる。

9

木曽川水系フルプランの 都市用水需要予測と供給施設(68) -73-93-04



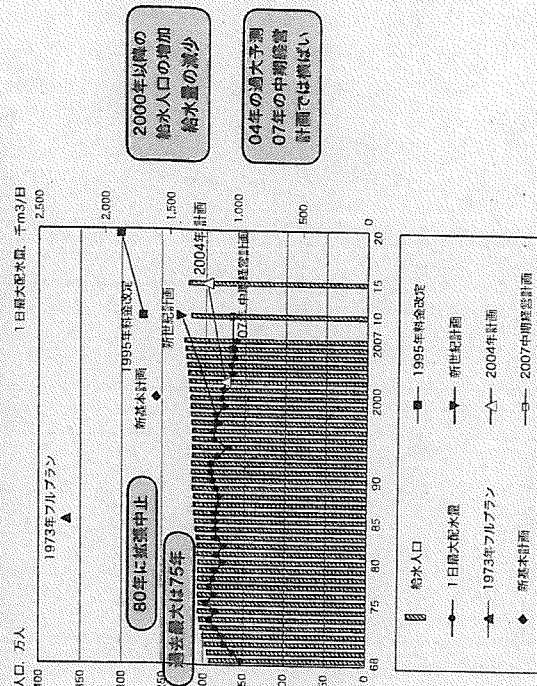
3

07 導水路に係る費用

- 人口減少社会、財政制約に対応した水道事業の見直しが必要である。
- 便益を欠いており、水道事業や市財政に負担となる
連絡導水路事業から、名古屋市は撤退すべき。

2

水道需要の実績の推移と予測の見直しの経緯 02 (水道)

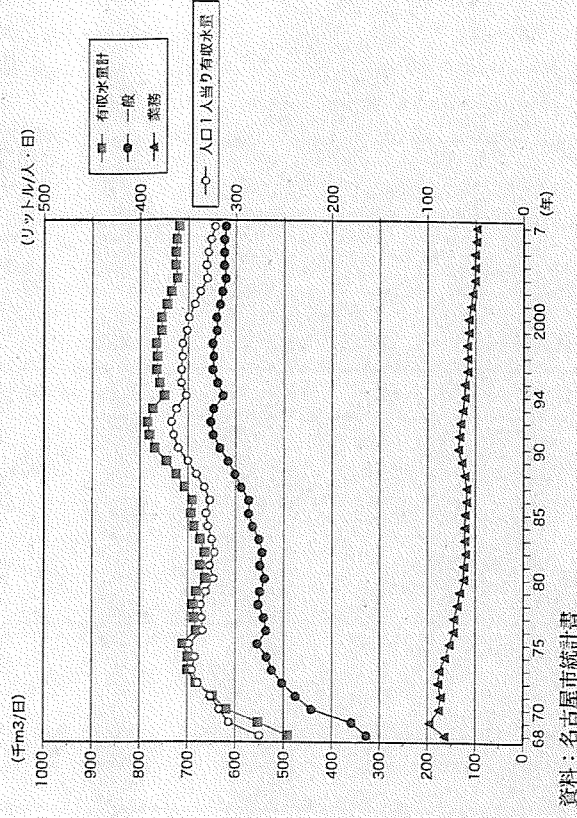


資料：名古屋統計書、2004年フルプラン備給想定調査・名古屋市、中期経営計画
「名古屋新世紀計画2010計画案について」（経済水道委員会説明資料、2000年7月）

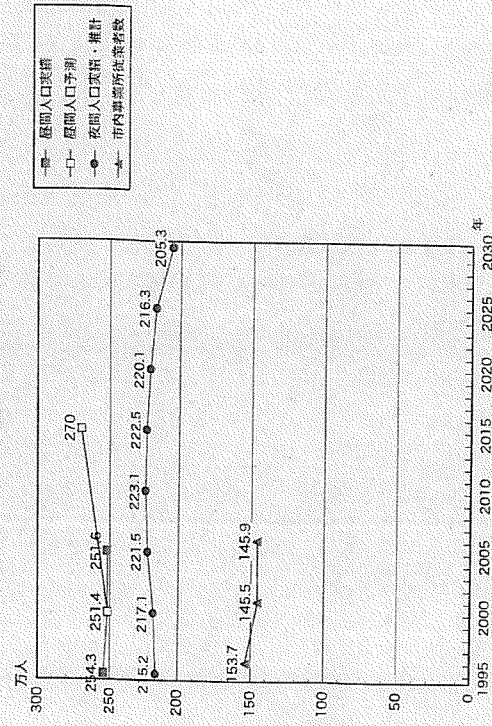
名古屋市のフルプラン2004予測 02 (水道)

[illegible]

一般と業務用の有収水量と1人当り有収水量



名古屋市の昼夜人口の実績と予測、市内従業者数



資料：国勢調査、市町村別将来人口推計（国立社会保障・人口問題研究所、2008年12月）
2004年フルプラン需給想定調査・名古屋市・事業所・企業統計調査

02

名古屋市上下水道事業 中期経営計画

みずプラン22 (2007) ですでに「見直し」(水源施設と整合してない)

- 水道事業 (1日平均給水量)
 - 83.4万㎡/日 (2006)
 - 83.4万㎡/日 (2010)
- 工業用水道事業 (1日平均給水量)
 - 6.54万㎡/日 (2006)
 - 6.53万㎡/日 (2010)

大阪府水道用水供給事業の水需要予測結果
(平成17年(2005年)3月 大阪府水道部)より

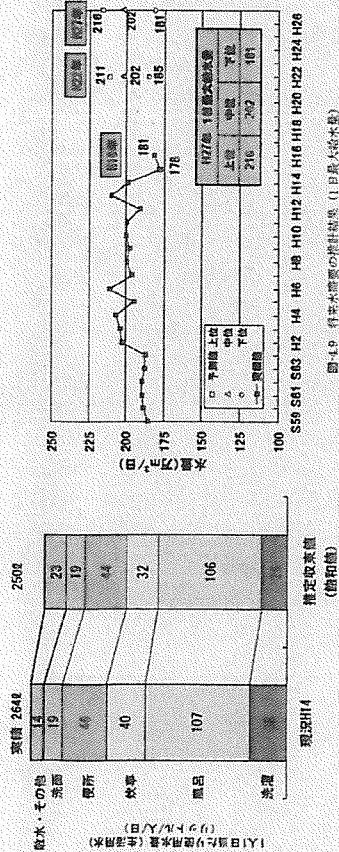


図-4.3 生活用取水単位配分表(昭和48年)の推定結果

図-4.9 丹生川水系の推定結果(1日最大給水量)

淀川水系では、丹生ダム、大戸川ダムから撤退
安威川ダム、紀の川大堰からも検討

名古屋市営工業用水道事業

庄内川表流水(児玉, 1.157m³/s)

下水処理水(辰巳)

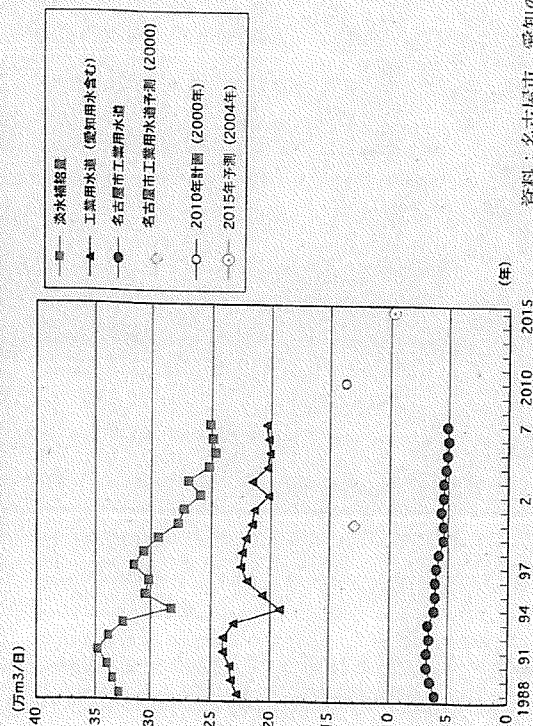
上水道作業排水(大治)と3系統
(事実上、大治浄水場の上水を供給)

徳山ダム事業に参画(0.7m³/s)

更なる安定供給, 水質の向上を
めざしている。

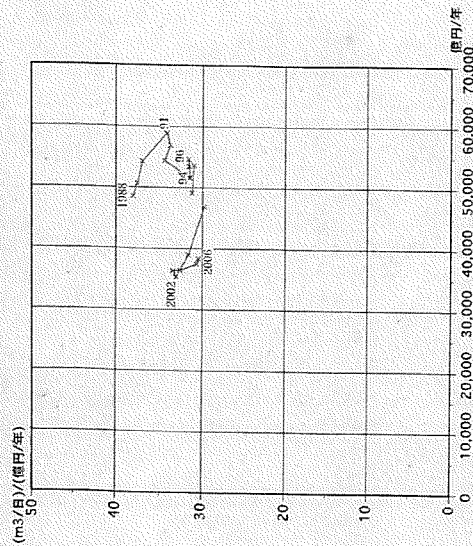
→長良川~木曽川堤防を下流施設に
上流で取水, ポンプアップしない
→常時取水しない, ポンプ代節約?
(徳山ダム負担は上水道から「借入れ」償還)

名古屋市工業用水と 市営工業用水道事業の実績と計画



資料: 名古屋市, 愛知の工業

名古屋市の実質製造品出荷額と 工業用水使用量原単位



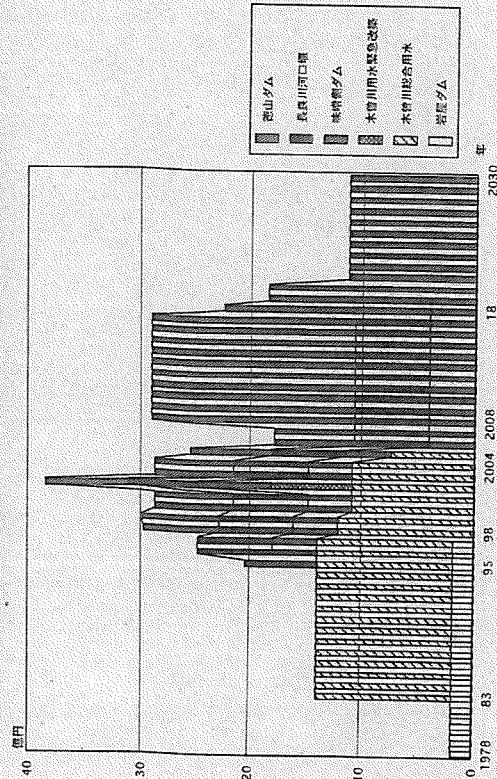
資料: 愛知の工業, 日銀統計(国内企業物価指数), 注: 99年は特異値と思われるので除いた

- 名古屋市、愛知県とも専用施設を拡張しない
～新規の水利権は許可されない、普段は使えない水
10年に1度以上の治水調整の1, 2ヶ月のためだけに？
- 河口堰の水は安定水利権 (注：専用施設がない) ため、
岩屋ダムの安全度向上分としてしか使えません
(徳山ダム～導水路も同じこと)
(徳山ダムに係る導水路検討会幹事会 第11回 平成19年8月2日)

『水資源白書 (平成19年度版) 』

- 水需要は横ばい若しくは減少の傾向となり、また
水資源開発施設の整備が進んだことも相まって、
水需給の乖離が縮小しつつある。このような中
で、気候変動等の新たなリスク要因が加わり、高
まりつつある治水リスクに対し、これまでの水資
源開発による量的な充足を優先する方策から、
限られた水資源を有効に利用する総合的なマネジ
メントへ、今まで以上に一層政策の重点を転換し
ていくことが必要である」 (p.17)

名古屋水道事業の水事業償還額の推移 07 (費用)



資料：名古屋市議会 経済水道委員会資料などより作製。
木曽川総合用水の償還が終了し、徳山ダム、導水路 (未記入) の償還金を払える。
水道では水源費の割合は小さいといえ、ムダな支出であることは明確

徳山ダムのアロケーションの推移 (億円、%) 07 (費用)

		名古屋水道3m/sの撤退時		約1000億円の増額	
		1989年アロケーション	2004年アロケーション	89-98増減	98-04増減
合計		2,540	100	2,540	100.0
計		978	38.5	1128	44.4
国		685	27.0	789	31.1
治水		237	9.3	251	9.9
愛知県		183	7.2	183	7.2
三重県		57	2.2	62	2.4
計		721	28.4	572	22.5
国		240	9.4	191	7.5
上水		69	2.7	69	2.7
愛知県		183	7.2	183	7.2
名古屋市		229	9.0	129	5.1
計		363	14.3	363	14.3
国		109	4.3	109	4.3
上水		197	7.8	197	7.8
名古屋市		57	2.2	57	2.2
発電		478	18.8	478	18.8

資料：国土交通省中部地方整備局、
宮野雄一研究室「徳山ダムを考える」 岐阜大学地域科学部、2004年

費用負担割合

8月22日提示案

- 治水(河川環境改善)と利水の割り振りは「分離費用身替り妥当支出法」による。
- 治水の県別負担割合は徳山ダムの治水対策容量の地方間負担割合と同じ割合。
- 利水の利水者間負担割合は治水量出による。

事業名	施設区分	費用	用途別	国	岐阜県	愛知県	三重県	名古屋市
本管川水系運路橋水路	上流施設	880.0億円	治水	70.0%	17.0%	75.5%	7.5%	
			治水	402.2億円	29.3億円	130.2億円	12.9億円	
	下流施設	10.0億円	治水	70.0%	17.0%	75.5%	7.5%	
			治水	6.0億円	0.4億円	1.9億円	0.2億円	
合計		890.0億円	治水	45.9%	3.3%	14.8%	1.5%	
			治水	408.2億円	29.7億円	132.1億円	13.1億円	
				※愛知県の費用負担額は費用全体に各負担割合を乗じて算出されるため、上表の値と異なる。				
				※名古屋市長工業用水が取水するため、別途設備(4.5億円)がある。				

本管川水系流域委員会第7回資料より
(利水には国からの補助金を含む)

湧水建設事業-27

「撤退ルール」(独立行政法人水資源機構法施行令) 07 (費用)
第三十条 (水道等負担金及び水道等撤退負担金) (内は注記)

- 2 水資源開発施設の新築又は改築に関する事業が縮小された場合(略)において、水道又は工業用水道の用途に係る部分を縮小した者(名古屋市長)の水道等負担金の額は、前項の規定にかかわらず、同項の規定により算出した額に、次の各号に掲げる場合の区分に応じて、当該各号に定める額を加えた額とし、法第二十五条第一項の規定により事業からの撤退をした者が当該水資源開発施設の新築又は改築につき負担する負担金(以下「水道等撤退負担金」という。)の額は、次の各号に掲げる場合の区分に応じて、当該各号に定める額とする。ただし、これらにより算出することが著しく公平を欠くと認められるときは、主務大臣が関係行政機関の長と協議して定める方法により算出した額とすることができる。
- 一 水道若しくは工業用水道の用途に係る部分の縮小又は事業からの撤退のみがあった場合
- イ又はロに掲げる額とハに掲げる額とを合算した額及びその額に対応する前条の利息の額」
- ハ 水道等共同施設の新築又は改築に関する事業が縮小された場合にあっては、次に掲げる額を合算した額(略)
- (1) 当該事業の縮小に係る不要支出額(略)
- (2) 当該水道等共同施設が特定施設である場合において、当該事業の縮小後において、治水関係用途の当該水道等共同施設に係る費用の負担について第二十一条第一項の規定により算出した額(略)が、当該用途に係る投資可能限度額(身代り建設費となっている、事実上、便益はなく、財政限度(国、自治体では直轄負担金)の増額を払えない)を超えるときにおいて、当該超過額、当該投資可能限度額を超えるときにおいては零(以下、略)

松尾直規教授の主張

平成21年8月2日

木曽川水系連絡導水路の必要性

1. 気候変動に伴う渇水リスクの増大： 自然水の時空間的分布の偏在化と水需要分布のそれとのギャップの増大－ギャップを埋める適切な貯水・水配分施設の整備が必要
2. 名古屋市の水需給の実態： 実質的な供給能力の低下、約7割低下の渇水時には余裕なし、約5割低下の異常渇水時には供給不足となり節水率は50%に達する見込み－需要に見合う適切な供給能力の確保が必要
3. 渇水被害は深刻かつ多方面： 市民生活（上水道）、産業生産（工業用水）、農業生産（農業用水）、地盤沈下、水質悪化、生物への影響など－渇水被害の回避、低減が必要、そのための保険（渇水対策水の確保）が必要
4. 渇水時の水利調整： 運命共同体としての木曽川流域圏、3県1市、農業団体が長年にわたり水利調整に努力、既得農業用水の節水は限界状態－利水者間の相互信頼が不可欠、名古屋市の自流水利権も調整対象、取水制限の緩和とダム群の総合運用に、導水路による徳山ダム貯留水の利用が必要
5. 食料自給率の向上、安全・安心な暮らしの実現、経済の活性化、自然と共生し冷暖房の要らない環境都市名古屋の実現： 渇水の少ない水と緑の豊かな生活環境、安定的な産業環境を整備－多様な外的条件の大きな変化に対応できる産業用水、都市用水（環境用水を含む）の確保が必要
6. 代替手段： 渇水保険料（水道料金に占める水源費）は妥当な額、撤退すれば保険は無効、新たな導水路の建設、あるいは下水の再利用には莫大な費用、エネルギー、時間が必要－自然エネルギーを利用する導水路が合理的かつ現実的な選択枝

小尻利治教授の主張

平成21年8月2日

水利科学

No.273 (第47卷 第4号)

WATER SCIENCE

No. 4 Vol. 47 2003

水利用形態や、植生、生態系の分布変化が予想され流域環境への影響は極めて大きいといえる。単位図や時留図法などの従来の流出モデルでは、流域を全体あるいは支川を単位として扱っていたので、そうした個々の水文特性や水利用特性を表現することが出来なかった。一方、地理情報システム (Geographic Information System: GIS) の発達により流域の地形・土地利用・人口・気候などの様々な諸量の数値情報が容易に利用できるようになった。そこで、近年整備されてきた国土数値情報を利用した分布型流出モデルの構成とそれによる流域特性の把握手順を提案する。

第2章 GISを利用した水循環モデルの概要

図1は、国土数値情報を基にしたメッシュ型多層流出モデルをベースとした流域内流量および水質の循環系を示したものである。解析対象条件としては、計算期間は1年以上で、1年間を通して平常時、降雨時、洪水時のどの状況においても、流域内の水環境状況を把握できることを前提とする。本流域水循環モデルは、水量流出過程と水質移流過程から構成されている。前者では、蒸発散過程、水田流出過程、表面流出・土壌内浸透過程、河川流下過程、取水・放水過程に分け、後者は、水温移流過程、汚濁物質移流過程に分けられる。その特徴は以下のとおりである。

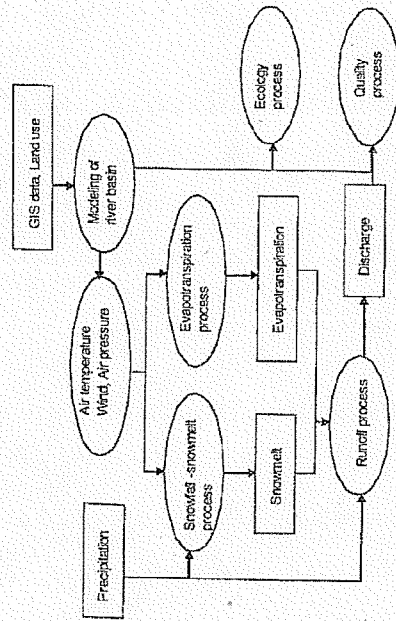


図1 流域内流量および水質の循環系

気候変動と水資源について (IV)

小尻利治

目次

第1編 バタースン分類からみた気候変動と水資源(270号掲載)

第2編 気候変動の予測と渇水対策 (271号掲載)

第3編 マトリックス法による流域の水資源分布変動(272号掲載)

第4編 流域における水循環予測モデル

第1章 序論

第2章 GISを利用した水循環モデルの概要

第3章 水量流出過程のモデル化

第4章 水質移流過程のモデル化

第5章 実流域での適用と考察

第6章 結語

(以下次号掲載予定)

第5編 温暖化による水資源への影響算定

第4編 流域における水循環予測モデル

第1章 序論

1. はじめに

気候変動による流域の影響を明らかにするには、流域内のさまざまな土地利用による水量、水質の変動を把握するため、時空間応答を表現できる分布型流出モデルが必要となる。特に、気温上昇や降水量の変化は降雪分布と融雪流出や蒸発散の増加や河川水温の上昇などへの影響を与える。それが起因となって、

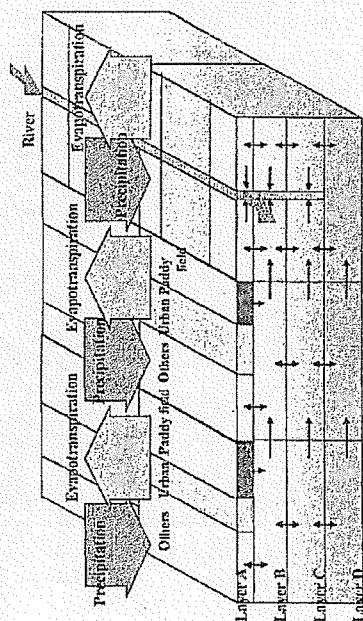


図2 多層メッシュ型流域モデル

①鉛直方向はA：地表流、B：早い中間流、C：遅い中間流、D：地下水層、の4層を考える（図2参照）。また、A～C層の水は流動し最終的には河川に流出するが、D層の水は河川には流出しないものとする。

②都市下水は、下水道が普及している地域では分流式下水道により下水処理場に運ばれ処理される。それ以外の地域では、一旦、個別浄化槽に入

③水田には河川からの灌漑用水が取水され、また、流出する。モデルでは流出を地下浸透・用水路流出・畦越流などとして再現する。さらに、水田における実際の季節による維持湛水深などの操作方策が再現される。

④流域の大気—土壌間の水移動として蒸発散を考える。
⑤河川には下水処理場から処理水が流入し、また、工業用水・上水道用水のための取水が行われる。

⑥流出特性より、土地利用を以下の5種類に分類する。

i) 山地 (分類 1) : 森林・荒地, ii) 水田 (分類 2) : 田, iii) 畑

- 地 (分類 3) : 畑・果樹園・その他の樹木畑, iv) 都市 (分類 4) : 建築用地・工業用地・幹線交通用地・その他の用地, v) 水域 (分類 5) : 内水地・海浜・海水域

⑦各地表ベッシュの中で⑥で分類した土地利用の占める割合(%)を求め、モデル計算に組みこむ。ただし、水田(分類2)は水を冠水させる灌漑期(5月15日～10月10日)のみ水田として考慮し、それ以外の時期は畑

地（分類3）として取り扱う。

⑤⑥用水路網・下水道網は落水線（メッシュの最急勾配を繋いだ線）に沿う形で張り巡らされ、最終的に河川へと流入する。

第3章 水量流出過程のモデル化

3.1 熱収支法による蒸発散と積雪・融雪過程

蒸発散推定法は、水収支法、微気象的な方法、ならびに直接計測方法がある。ここでは、熱収支式での収束計算で地表面温度を求める。すなわち、

$$R \downarrow = \sigma T_s^4 + H_F + UE \quad (1)$$

$R \downarrow$: 正味放射量 (Wm^{-2}), σ : ステファン-ボルツマン定数 ($5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$), T_s : 表面温度 (K), H_E : 顕熱 (Wm^{-2}), LE : 潜熱 (Wm^{-2})

- i) 積雪量・融雪量は日単位で求める。
- ii) 界温・融雪・再凍結・冷却過程を考慮する。
- iii) 積雪量は単層とする。
- iv) メッシュ上の気温は、観測地点、対象メッシュの標高差と気温減率で推定される。
- v) メッシュの気圧・空気密度は、測高公式を用いて算定する。
- vi) メッシュの風速、降水量は、ティーセン法により推定する。

ii) 昇温・融雪・再凍結・冷却過程を考慮する。

iii) 積雪量は単層とする。

(v) メッシュ上の気温は、観測地点、対象メッシュの標高差と気温減率で推定される。

$$(v) \text{メッシュの気圧・空気密度は、測高公式を用いて算定する。}$$

4) メッシュの風速、降水量は、テイセーソ法により推定する。

雪の物理特性には含水量と水を含まない相当水量が考えられ、新雪の含水量、相当水量は以下の式で算定される。

$$WCN = RS \times 0.05 \quad T_d \geq 0^\circ \text{C} \quad (2)$$

$$WCN = 0 \quad T_a > 0^\circ\text{C} \quad (5)$$

$$WCQN = RS - WCN \quad (4)$$

WCN : 新雪の含水量 (mm), $WCQN$: 新雪の相当水量 (mm), RS : 降水量 (mm), Ta : 大気気温 ($^{\circ}\text{C}$ 絶対温度に換算)
 また, 新雪の雪温 TSN は以下のように表される。

$$T_a \geq 0^\circ\text{C} \quad \text{TSN} = 0^\circ\text{C} \quad (5)$$

$$T_a < 0^\circ\text{C} \quad \text{TSN} = T_a^\circ\text{C} \quad (6)$$

このとき、積雪層全体の含水量、相当水量、雪温は

$$W_c(i) = W_c(i-1) + WCN \quad (7)$$

$$WEQ(i) = WEQ(i-1) + WEQN \quad (8)$$

$$\text{TSS}(i) = \frac{(WEQ(i-1) \text{ TSS}(i-1) + WEQN \text{ TSN})}{WEQ(i)} \quad (9)$$

$WC(i)$: 新雪層の含水量 (mm), $WEQ(i)$: 積雪層の相当水量 (mm), $\text{TSS}(i)$: 積雪層の雪温 ($^\circ\text{C}$) となる。融雪熱量は、積雪表面に与える熱収支によって定式化される。すなわち、

$$QM = R \downarrow - (\sigma \text{TS}^4 + H_E + LE + QR + OG) \quad (10)$$

$$QR = C_r \cdot \text{TS} \cdot R_S \quad (11)$$

$$OG = 1.16 \times 10^{-5} IF \quad (12)$$

QM : 融雪熱量 (Wm^{-2}), QR : 雨熱量 (Wm^{-2}), QG : 貯熱量 (Wm^{-2}), G_r : 比熱 ($\text{cal/g}^\circ\text{C}$), IF : 氷の融解潜熱 (Wm^{-2})

融雪量は、昇温過程のとき ($QM \geq 0$, $\text{TSN} < 0$), 融雪仮定 ($QM \geq 0$, $\text{TSN} = 0$), 再凍結過程 ($QM < 0$, $WC > 0$, $\text{TSN} = 0$), 冷却過程 ($QM < 0$, $WC = 0$, $\text{TSN} < 0$) で計算され、可能保水量を超えた融雪水は地中へと浸透する。

3.2 地表面流出過程

山地に降った雨は、蒸発散と浸透と表面流出により大気への還元と河川への流出に分かれる。都市部表面の雨は、表面流として流下し、家庭排水と共に下水道に流入、下水道流として河川に流入する。また、水田から流出してきた水も用水路流として河川に運ばれる。ここで、水量追跡方法として採用した kinematic wave 法と線形貯留法を導入しよう。

kinematic wave 法は、流域をある程度細分化して、それぞれの斜面および河道の初期条件、境界条件、パラメーターを与え、雨水流下現象を水流の運動法則と連続式の関係をを用いて水理学的に追跡するものである。連続式と運動方程

式は次式で示される。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r(x, t) \quad (13)$$

$$q = c h^m \quad (14)$$

x : 上流端からの距離 (m), h : 流水深 (m), q : 単位幅当たりの流量 (m^3/sec), r : 単位幅当たりの横流入量 (m^3/sec), t : 時間 (sec), c , m : 流れの抵抗則に関する定数

地表面流

$$\alpha = \sqrt{\sin \theta} / n \quad m = 5/3 \quad (15)$$

河道・下水道・用水路流

$$\alpha = \sqrt{\sin \theta} / 2 n \quad m = 4/3 \quad (16)$$

θ : 斜面または河道の傾斜角, n : 粗度係数 ($\text{m}^{-1/3} \text{sec}$)

次に、粗度係数を土地被覆状態により変化させる。すなわち、土地利用ごとに設定した各係数に面積率を乗じることにより算定する。

$$n_i = \frac{\sum n_j A E_j}{A E} \quad (17)$$

n_i : メッシュ i の粗度係数 ($\text{m}^{-1/3} \text{sec}$), n_j : 土地利用 j の粗度係数 ($\text{m}^{-1/3} \text{sec}$), $A E_j$: 土地利用 j の面積 (m^2), $A E$: メッシュの面積 (m^2)

都市、水田以外の土地利用を持つ部分では、降雨は、はじめに地表面に供給される。地表面に対して浸透係数 k_a を用いて、 A 層への浸透強度 q_A が決定される。

$$q_A = k_a h \quad (18)$$

一方、 $A \sim D$ 層での流出量は、それぞれ次の線形貯留モデルで算定される。

$$\frac{dS}{dt} = I - O \quad (19)$$

$$O = k S \quad (20)$$

S :貯留量 (m), I :流入強度 (m/sec), O :流出強度 (m/sec), k :透水係数 (1/h)

3.3 水田流出過程

水田の構造はグリッドごと1つのタンク状の水田があるとする。各水田タンクには側方流出孔を2つ設置し、上方を畦畔越流、下方を用水路への落水孔とし、地下浸透を表すために底に流出孔を設けることとした。下方の側方流出孔の高さを維持湛水深と一致させることにより、取水者は維持湛水深を常に維持するという人為的取水操作を表現できるなど、水田に関する水収支の主要な要素を再現できる構造となっている。河川から取水している水田のみを扱い、河川上の取水地点から必要な取水量のみを取水するものとする。

水田水収支の基礎式は、次のように表される。

$$Hd = H(u) - H(t) \quad \text{when } H(t) \leq H(u), \text{ otherwise } = 0 \quad (21)$$

$$Hy = \alpha 1 (H(t) - H(u)) \quad \text{when } H(t) \geq H(u), \text{ otherwise } = 0 \quad (22)$$

$$Hex = \alpha 2 (H(t) - Hz) \quad \text{when } H(t) \geq Hz, \text{ otherwise } = 0 \quad (23)$$

$$\frac{dH(t)}{dt} = RS + Hd - Hy - Hex - \beta H(t) - E_{unit} \quad (24)$$

Hd :取水水深 (mm/sec), $H(u)$: u 期の維持湛水深 (mm), $H(t)$:時刻 t での水田水深 (mm), Hy :用水路流出高 (mm/sec), $\alpha 1$:下方側方流出孔の流出係数 (1/sec), $\alpha 2$:上方側方流出孔の流出係数 (1/sec), Hex :畦畔越流出高 (mm/sec), Hz :畦畔高さ (mm), β :浸透孔の浸透係数 (1/sec), E_{unit} :単位面積・単位時間当たりの蒸発散量 (mm/sec)

地下への浸透係数 β 、及び期別維持湛水深 $H(u)$ を以下のように定める。

1) 灌漑期を以下の6期に区分し、各期に既定のパターンで湛水深が維持されるものとする。例えば、

- ①苗代期 (5月15日～6月8日), ②代掻き, 田植え期 (6月9日～6月15日), ③生育前期 (6月16日～7月25日), ④中干期 (7月26日～8月5日), ⑤生育後期 (8月6日～9月30日), ⑥落水期 (10月1日～10月10日), で湛水深を変更する。

2) 生育前期の水田日浸透量 PI (mm/sec)が水田の単位面積当たりの取水高 Hd (mm/sec)に相当すると仮定する。生育前期の維持湛水深 H

(3) (mm) を一律に60 mm とし、生育前期の水田日浸透量と地下浸透量が等しくなるように、次式により浸透係数 β (1/day) を決定する。

$$\beta = Hd/H \quad (25)$$

3) 苗代期の維持湛水深 $H1$ は、日浸透量が2 mm/day となるように逆算して求める。

4) この他の期別維持湛水深 $H(2)$, $H(4)$, $H(5)$, $H(6)$ は、次式により算出する。

$$H(2) = 1.2H(3) \quad H(4) = H(3)/4 \quad H(5) = H(3) \quad H(6) = H(3)/2 \quad (26)$$

3.4 取水、放水過程

人為的な取水や放水は、河川水質ばかりでなく、水量にも多大な影響を及ぼすものである。近年、水需要が合理化されたことや、人口増加が収まったことによって、水需要量は横ばい傾向にあるが、流域の都市化や水田の増減が流域水循環に与える影響を考える場合、取水や放水が与える影響を考慮することは不可欠である。取水要素として、水田への灌漑用水、上水道、工業用水を、放水要素として、下水処理場、用水路、下水道 (雨水管) を取り上げ、モデルに組み込む。上水道、下水処理場については、それぞれ実測データを用い、水田への灌漑用水、用水路については、水田流出過程で求めたものを用いる。

第4章 水質移流過程のモデル化

4.1 汚濁物質追跡方法

汚濁物の発生源には、工場、家庭などのように排出地点が特定できるものと道路、屋根からの流出のように特定できない場合とがある。前者をポイントソース (点源: 特定汚染源)、後者をノンポイントソース (面源: 非特定汚染源) と呼んでいる。ポイントソースには、家庭汚水、工場排水、家畜排水、下水処理水、他の人為的排水があり、下水道を通じて汚水処理をされた後、公共河川へ放出される。ノンポイントソースには、山林、農業、都市、鉱山、埋立地などが相当するが、雨水排出時の流出負荷と晴天時の汚濁堆積による堆積負荷がある。工場からの煤塵はポイントソースで、それが道路に堆積するとノンポイントソースになるので、汚染源の特定とその分析過程で分類されているようにで

ある。汚濁負荷は基本的には発生源ごとに発生量も発生の様態も異なるので、原単位法を用いて汚濁負荷を求めることにする。

合併浄化槽、農業下水道を経た汚水は、浄化槽の原単位と取水放水過程で求めた1人当たりの汚水排出量を用いて排出濃度を算定し、単独浄化槽に關しては、一般的に尿尿放出量 Q_{so} が45 l (40~50 l) であるとする。下水道 (雨水管) に關しては、都市の表面流と、下水処理場へ運ばれることのない汚水を流すこととなる。前者は流出解析モデルより求め、後者は、以下の手順で求めることができる。

- 1) 流域内の各市町村にある下水処理場への流入水量を処理人口で除し、その値を工業排水を含めた汚水排出量として市町村人口に割り当てる。
- 2) ここで求められた値に各メッシュの人口を乗じたものを、そのメッシュからの汚水排出量とする。
- 3) その値のうち、(1) - そのメッシュが属する市町村の下水道普及率) の割合は下水道 (雨水管) を通して河川に排出される汚水量とする。

汚濁物質発生量の基礎式として、以下を用いる。

$$C_{com} = \frac{L_{pcom}}{Q_{sew}} \quad (27)$$

$$C_{ag} = \frac{L_{pag}}{Q_{sew}} \quad (28)$$

$$C_{so} = \frac{L_{pso} + (C_{dis}Q_{sew} - C_{soin}Q_{so})}{Q_{sew}} \quad (29)$$

C_{com} : 合併浄化槽放出濃度 (mg/m^3), L_{pcom} : 合併浄化槽原単位 (mg/day , person), Q_{sew} : 1人1日当たりの汚水放出量 (m^3/day , person), C_{ag} : 農業下水道放出濃度 (mg/m^3), L_{pag} : 農業下水道原単位 (mg/day , person), C_{so} : 単独浄化槽放出濃度 (mg/m^3), L_{pso} : 単独浄化槽原単位 (mg/day , person), C_{dis} : 下水処理場流入濃度 (mg/m^3), C_{soin} : 単独浄化槽流入濃度 (mg/m^3), Q_{so} : 1人1日当たりの尿尿放出量 (0.045 m^3)

面源としては、土地利用毎に原単位を与え、各メッシュの原単位を土地利用の面積率で求める。

$$L_{np} = \frac{\sum L_{npj} A E_j}{A E} \quad (30)$$

L_{np} : 面源由来の汚濁物質負荷投入原単位 ($\text{mg}/\text{m}^2 \text{ day}$), L_{npj} : 土地利用 j での面源由来の汚濁物質負荷投入原単位 ($\text{mg}/\text{m}^2 \text{ day}$)
面源由来の堆積物の掃流量 L_{sep} (mg/hour) は、 Q_h の2乗に比例するものとして、

$$L_{sep} = k_{wnp} P_{np} Q_h^2 A \quad (31)$$

Q_h : 水平流出高 (m/hour), k_{wnp} : 面源由来の掃流係数 (l/m^2), P_{np} : 面源由来の堆積汚濁物質質量 (mg/m^2)

堆積物が掃流すると、隣接する媒体に供給されるものとする。また、地下水層 y からの流出負荷量 $L_{y \text{ out}}$ (mg/hour) と層 $y-1$ から y への流入負荷量 $L_{y \text{ in}}$ (mg/hour) は、

$$L_{y \text{ out}} = \sum C_y Q_{out} A E \quad (32)$$

$$L_{y \text{ in}} = \sum (C_y - 1) Q_{in} A E + L_{wnp,y} \quad (33)$$

C_y : y の汚濁物質濃度 (mg/m^3), Q_{out} : y からの流出高 (m/hour), Q_{in} : $y-1$ からの流出高 (m/hour)
となる。結局、堆積掃流過程は以下のようなになる。

溶存態

$$A \frac{dC_y}{dt} = C_{np} R S A E - \gamma_1 C_y S_y A E + \gamma_2 P_{np} A E + L_{yin} - L_{yout} \quad (34)$$

堆積態

$$A \frac{dP_{np}}{dt} = L_{np} - \gamma_{dis} P_{np} A E + \gamma_1 C_y S_y A E - \gamma_2 P_{np} A E - k_{wnp} P_{np} Q_h^2 A E \quad (35)$$

ただし、汚濁物質放出は、地表面、都市、水田のみとする。また、河川で下水処理場からの排出地点に当たる場所では、 $L_{y \text{ in}}$ に下水処理場から出てくる汚濁物質排出量も含む。

また、地下層 (A ~ D 層) も以下のように定式化される。
 溶存態

$$AE \frac{dC_{ySy}}{dt} = L_{yin} - L_{yout} - r_y \left(C_{ySy} - r \frac{P_y + P_{y0}}{P_{y0}} P_{ySy} MAX \right) AE \quad (36)$$

堆積態

$$AE \frac{dP_{ySy} MAX}{dt} = r_y \left(C_{ySy} - r \frac{P_y + P_{y0}}{P_{y0}} P_{ySy} MAX \right) AE - r_{dp} P_{ySy} MAX \quad (37)$$

S_y : y 層の貯水位 (m), C_{ySy} : 雨滴中の汚濁負荷物質濃度 (mg/m^3), r_1 : 吸着速度係数 ($1/\text{hour}$), r_2 : 脱着・可溶性平衡係数 ($1/\text{hour}$), r_{dp} : 点源由来の汚濁負荷物質の減衰係数 ($1/\text{hour}$), r_{dnp} : 面源由来の汚濁負荷物質の減衰係数 ($1/\text{hour}$), r_y : y 層における吸脱着速度係数 ($1/\text{hour}$), P_y : 汚濁負荷物質堆積負荷量 (mg/m^2), $r \left(\frac{P_y + P_{y0}}{P_{y0}} \right)$: y 層の吸着平衡定数 ($1/\text{m}$),

S_{yMAX} : y 層の最大貯留量 (m), r_{dp} : y 層の減衰係数 ($1/\text{hour}$)

水域に流入した有機物質 (本研究では COD, BOD をその指標とする) は、生物学的分解、沈殿、吸着などの作用により減少していくが、この減少速度係数を自浄係数 K , ($1/\text{day}$) といひ、次のように表すことができる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -k_r \cdot C \quad (38)$$

K は河川の状況、汚濁源の状況によって大きく変化し、 $0.05 \sim 10$ ($1/\text{day}$) の範囲のものが実測されている。河川水中での有機物質の減少は生物学的な分解など有機物質の減少に応じて水中の DO (溶存酸素) を消費するものと、沈殿など DO を消費しないものに分けられる。

4.2 水温移流過程

地中温度の変化は、ある深さに達すると、1 年中ほとんど変化しなくなる。この層を恒温層という。日本での恒温層深度は、 $12 \text{ m} \sim 14 \text{ m}$ であることが知られているが、D 層の深さを約 15 m とすると、最深度の地温は一定とすることができ、地中水温は地中温度と等しいものとする、深さ z (m) なる点

での地中温度 Φ_g は、

$$\Phi_g(z, t) = \Phi_0 + \Delta \phi e^{-z \sqrt{\frac{\pi}{\lambda T F}}} \sin \left(\frac{2\pi}{TF} t - z \sqrt{\frac{\pi}{\lambda T F}} \right) \quad (39)$$

Φ_0 : 年平均気温 ($^{\circ}\text{C}$), TF : 周期 (365 日), λ : 地中での熱の拡散率 ($0.04 \text{ m}^2/\text{day}$)

$\Delta \phi$ は、蒸発散過程で算定された地表面温度 T_s の時系列変化を STN カーブに近似したときの振幅で、グリッドごとに数値が与えられる。そこで、各層から流出する地下水温は、得られる地中温度に等しいとする。

都市から流出し下水道 (雨水管) に流入する水は、非常に流出速度が速くあまり外界からの影響を受けないため、降雨温度と等しいとする。一方、下水道 (汚水管) のうち、下水処理場でなく、浄化槽を経て直接河川へ流入するもの、つまり、家庭排水のうち (1 - 下水道普及率) 分の水温は、各市町村の下水処理場への流入水の温度と等しいものとする。また、降雨温度は一般的に温球温度に等しいとする。汚水のうち、下水処理場を経て、河川に流入するものは、それぞれの下水処理場の実測放流水温を用いる。

水田における熱収支の要素として、降雨、大気、河川からの灌漑用水がある (図 3 参照)。水面での大気との熱収支は、蒸発散過程で述べた手法を応用して水面熱収支式で算定する³⁾。

$$H_0 = R \downarrow - H - LE = (1 - r_d) S \downarrow + L \downarrow - H - LE - \sigma \Phi_g^4 \quad (40)$$

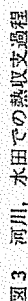
H_0 : 単位面積当たりの水面熱収支量 ($\text{cal}/\text{m}^2 \text{ sec}$), $S \downarrow$: 全日射量 (W m^{-2}),

$L \downarrow$: 長波放射量 (W m^{-2}), Φ_g : 水田水温 ($^{\circ}\text{K}$)

また、河川からの灌漑用水温度は、取水地点の河川温度を用いる。つまり、灌漑用水が取水地点から水田に至る間の熱収支は無視できると見なす。すると、河川水温の推定過程の基礎式は以下のようになる。

$$C_p \rho H_{ave} \left(\frac{\partial \Phi_{riv}}{\partial t} \right) = H_0 + \frac{C_p \rho}{AE} \sum_i q_i (\Phi_i - \Phi_{riv}) \quad (41)$$

ρ : 密度 ($\times 10^3 \text{ g}/\text{m}^3$), H_{ave} : 平均水深 (m), Φ_{riv} : 河川水温 ($^{\circ}\text{C}$), H_0 : 単位面積当たりの水面熱収支量 ($\text{cal}/\text{m}^2 \text{ sec}$), q_i : 流入量 (m^3/sec), Φ_i : 流入水温 ($^{\circ}\text{C}$)



第5章 実用と考案領域での適用

図5は、ある洪水での河川流量の出力例で、流域最下流地点での観測値との比較結果である。10分単位で年通での解析のあと、洪水流量を比較するために特定の箇所を取り出したものである。高水、低水を連続して計算し常に土壌水分を求めており、個別の洪水時の初期水分量を考慮する必要はなく、水文学的な流域状態の連続性を確保できる。

図6は、同洪水における流域内と河川での水分を表したものである。低水時の乾燥地域、高水時の氾濫（危険）地域などの把握が容易になる。図7は、最下流域地点での河川のBOD濃度である。高水によるフラッシュ効果や低減部での水質変動が理解できる。これも空間分布として捕らえることができ、人口

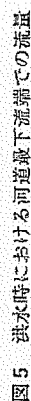
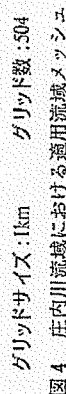


図 8 も、同じく河川水温の時間表示である。2 月と 8 月の平均値を示したものが、季節的な水温変動による水生生態への影響を想像できる。今後、リアルタイムでの水質情報による汚染源の特定化や河川水深・幅がもたらす水生生物の生存特性、および酸性雨などの大気と連携のモデル化を図り、詳細な流域環境

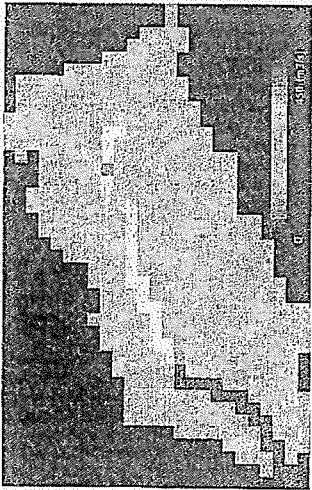


図 6 流域及び河川流量の空間分布

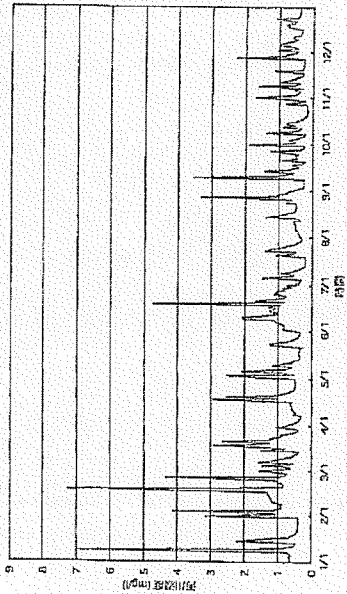
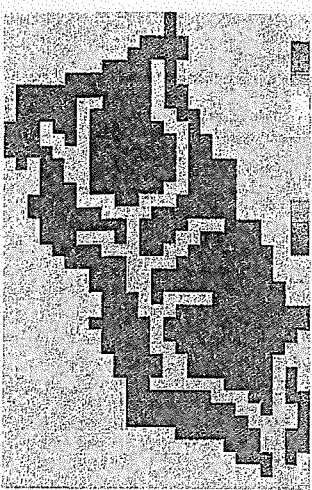


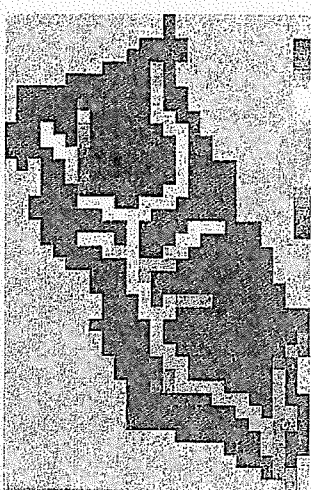
図 7 河川内最下流地点での BOD 濃度

評価を行う必要がある。こうした解析出力の時空間的連続性は、流域内での危険地域の把握が容易になり、総合流域管理における施設の配置・規模決定への重要な指標となろう。

地球温暖化の影響評価を検討するため、気温 2 度上昇の場合の水温変化を求めた。日照時間、降水量、土地利用などは変化せず、蒸発散や流出、水利用過程での熱収支だけの変動である。表 1 は、河川系での代表的地点での結果である。積雪・融雪は変動しているはずであるが、対象流域では、あまり現れていなかった。地表面では、8 月など、光波長の影響が大きい期間で摂氏 2 度程度



(a) 2 月の水温



(b) 8 月の水温

図 8 河川水温の空間分布

表 1 温暖化シナリオの下での影響評価

	Present average (°C)	Climate change (°C)	Changed volume (°C)
Surface	17.92	19.30	+ 1.32
Precipitation	11.66	12.52	+ 0.85
Paddy field	22.02	19.95	- 2.07
River discharge			
at Toki	16.67	17.54	+ 0.87
at Tajimi	16.48	17.27	+ 0.79
at Shidami	16.21	16.83	+ 0.62

の変化が見られた。体感温度や植生への影響を考えると大きな値である。降水の温度は地表気温と同じとしていたので全期間にわたって若干増加しているが、水田、河川での水温は影響が小さく、潜熱の作用で却って低下しているようである。

第6章 結語

本稿では、分布型流出モデルの定式化と適用を行い、シミュレーションを通じて温暖化の影響評価を行った。入力条件がシナリオで限定されていることや考慮すべき影響要素全体を含んでない、などの問題点が残っている。水文、気象データに関するより精度の高い情報が望まれるとともに、流域への影響に対する経済効果、社会活動などの評価を行い、対策を検討する必要がある。今後、GCM（大気大循環モデル）の出力との相関関係を考慮した地球規模での影響評価モデルを開発していきたい。

参考文献

- 1) 小尻利治・東海明宏・木場陽一：シミュレーションモデルでの流域環境評価手順の開発，京都大学防災研究所年報，第41号 B-2，1998，119-134.
- 2) 国松孝男・村岡浩雨：河川汚濁のモデル解析，技報堂出版，1990，166-171.
- 3) 新井 正・西沢利栄：水文学講座10 水論，共立出版，

(京都大学防災研究所水資源研究センター・教授・工学博士)

木曽川水系連絡導水路事業公開討論会 ご意見記入用紙

本日は、木曽川水系連絡導水路事業公開討論会にご参加いただきまして、誠にありがとうございました。

さて、本日の公開討論会に参加された皆さま方のご意見を今後の参考とさせていただきたく、下記にご回答をよろしくお願いいたします。

記

- 1 本日の公開討論会に参加して、木曽川水系連絡導水路事業について理解は深まりましたか。当てはまるものに一つ○を付してください。

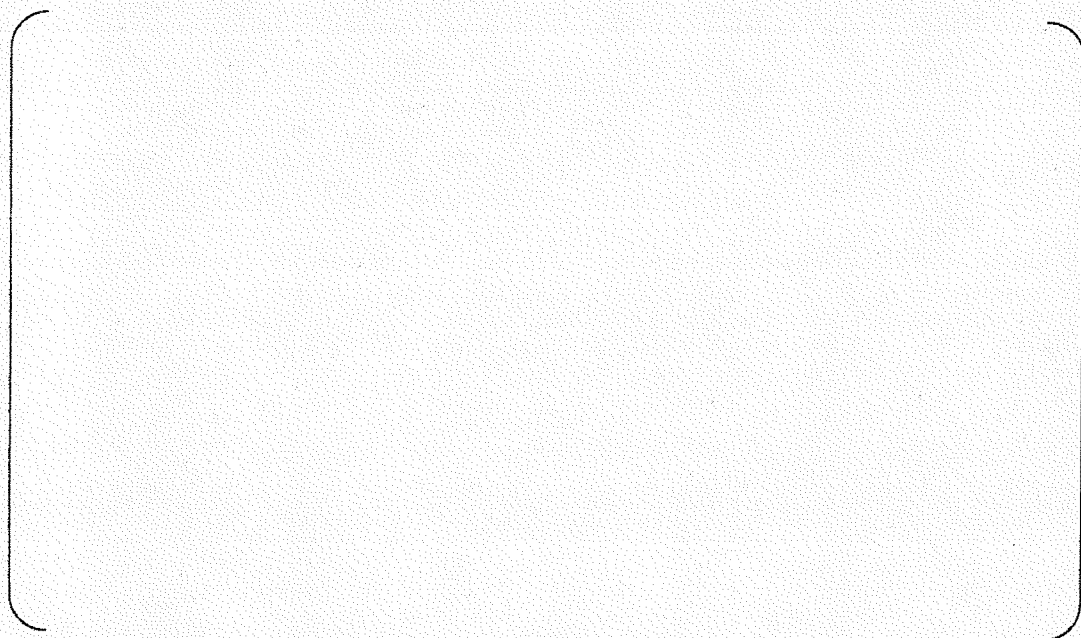
①よく理解できた

②まあまあ理解できた

③あまり理解できなかった

④全く理解できなかった

- 2 ご自由にご意見・ご感想をお書きください。



お帰りの際、ホールの出口にあります回収箱にお入れください。
ご協力ありがとうございました。

2009. 8. 2 木曽川水系連絡導水路事業公開討論会